

不同波段 LED 光源对毛健夜蛾行为的影响

涂小云¹, 陈元生², 陈娟¹, 胡章龙¹, 金义钦¹, 徐飞¹

(1. 江西师范大学生命科学学院, 南昌 330022; 2. 江西环境工程职业学院, 江西赣州 341000)

摘要: 为探明不同波段 LED 光对毛健夜蛾 *Brithys crini* (Fabricius) 行为的影响, 在实验条件下观察了 4 种不同波段 (红光: 620 ~ 625 nm; 绿光: 520 ~ 523 nm; 蓝色: 465 ~ 467 nm; 白光: 460 ~ 465 nm) LED 光源下毛健夜蛾幼虫的假死、爬行、静止、取食、排便、瞭望及其他行为和成虫交配及产卵行为。结果表明: (1) 毛健夜蛾幼虫在红光、绿光、蓝光和白光 4 种 LED 光源下, 爬行、静止和取食行为时间分配差异极显著 (爬行、静止和取食: $P=0.000$), 红光组爬行的时间占 98.06%, 绿光组取食时间占 83.65%, 蓝光组爬行和静止时间占 91.56%, 白光组爬行时间占 61.16%; 爬行、静止、取食、瞭望及其他行为发生率差异显著, 红光组和白光组爬行行为发生率最高, 分别为 47.37% 和 32.00%, 绿光组取食行为发生率最高为 40.00%, 蓝光组爬行行为发生率最高为 32.35%; (2) 毛健夜蛾跌落幼虫在 4 种 LED 光源下, 假死发生率差异不显著, 但假死持续时间有显著性差异, 红光组假死持续时间显著长于蓝光组和白光组; (3) 4 种 LED 光源处理后, 交配和未交配的单雌产卵量无显著差异; (4) 第 1–2 天的暗期分别使用 4 种光源, 则交配和产卵高峰均出现在第 3 天的暗期, 而第 1–2 天的暗期不使用光源, 则交配和产卵高峰出现在第 1 天的暗期。这些研究结果初步揭示了不同波段光源对毛健夜蛾行为影响不同。

关键词: 毛健夜蛾; 发光二极管; 行为; 交配; 产卵

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2012)10-1185-08

Effects of different LED light sources on the behavior of *Brithys crini* (Lepidoptera: Noctuidae)

TU Xiao-Yun¹, CHEN Yuan-Sheng², CHEN Juan¹, HU Zhang-Long¹, JIN Yi-Qin¹, XU Fei¹ (1. College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: To understand the effects of different LED light sources on the behavior of *Brithys crini* (Fabricius), thanatosis, walking, resting, feeding, defecating, watching and other behaviors of larvae, mating and oviposition of adults in 4 different LED light sources (red light: 620–625 nm; green light: 520–523 nm; blue light: 465–467 nm; and white light: 460–465 nm) were observed under the laboratory conditions. The results indicated that: (1) there was significant difference in walking, resting and feeding time budget of larvae in different light ($P=0.000$ for walking, resting and feeding). The walking budget time in red and white light accounted for 98.06% and 61.16% of the total action time, respectively, the feeding budget time in green light accounted for 83.65%, and the walking and resting budget time in blue light accounted for 91.56%. There was significant difference in frequencies of walking, resting, feeding and watching. The walking frequencies in red and white light are the highest (47.37% and 32.00%, respectively), the feeding frequency in green light is the highest (40.00%), and the walking frequency in blue light is the highest (32.35%). (2) There was no significant difference in the thanatosis frequency of fallen larvae in different light, but there was significant difference in the thanatosis duration, and the duration in red light is longer than that in blue and white light. (3) There was no significant difference in eggs laid per mated or unmated female in different light. (4) From the 1st to 2nd day, when red, green, blue and white light was used in the dark phase, the peaks of mating and oviposition occurred in the dark phase of the 3rd day. When no light was used in the dark phase, however, the peaks occurred in the dark phase of the 1st day. The results suggest that there are different effects of different LED light sources on the behaviors of *B. crini*.

Key words: *Brithys crini*; light emitting diode (LED); behavior; mating; oviposition

基金项目: 江西师范大学实验室开放项目(2012-35)

作者简介: 涂小云, 男, 1968 年生, 江西进贤人, 博士, 讲师, 从事昆虫生物学和滞育生理生态研究, E-mail: txyl036@163.com

收稿日期 Received: 2012-08-02; 接受日期 Accepted: 2012-09-27

随着发光二极管(light emitting diode, LED)技术的发展和制造成本的下降,LED光源在现代农业中的应用越来越受到世界各国的广泛关注。目前,LED在农业上的应用已经扩展到植物照明、诱鱼、害虫诱捕、兽禽养殖照明等多个领域(杨其长等,2011)。资料表明,不同波长LED光照对不同昆虫的生物学特性和种群动态影响不同。如505 nm和590 nm的LED光对棉铃虫*Helicoverpa armigera*总产卵量和单雌产卵量影响不同(段云等,2009),这两种波长光对小菜蛾*Plutella xylostella*雄虫寿命影响也不同(段云等,2010)。LED蓝光处理的二斑叶螨*Tetranychus urticae*单雌产卵量最大,黄光处理的最小;不同颜色LED光诱导二斑叶螨滞育率亦不同,滞育率从高到低依次是白光、绿光、黄光和蓝光,而红光处理后二斑叶螨不滞育(Ismail *et al.*, 2011)。LED在城市亮化、美化工程中也得到了广泛的应用,如草坪灯、景观灯、水下灯等(蒋荣,2011),上海世博会和广州亚运会的景观照明中采用的LED照明产品达到90%以上(窦林平,2011)。在城市亮化工程中LED的应用相当于在24 h循环光周期的暗期延长了光照时间,了解这些LED光源对昆虫行为等的影响,对于探究昆虫行为,并为今后利用LED光源治理害虫提供新的思路 and 基础资料。

毛健夜蛾 *Brithys crini* (Fabricius) 主要为害石蒜科植物如葱莲 *Zephyranthes candida*、文殊兰 *Crinum asiaticum* var. *sinicum*、朱顶红 *Hippeastrum vittatum*、石蒜 *Lycoris radiata*、君子兰 *Clivia miniata* 等(纪燕玲等,2011),随着城市绿化植物葱莲栽种面积的扩大,毛健夜蛾为害也逐渐加大。毛健夜蛾成虫白天蛰伏,夜晚活动(于炜等,2009;纪燕玲等,2011),成虫交配主要发生在暗期(未发表资料)。了解LED光源对毛健夜蛾幼虫行为及成虫交配和产卵行为的影响,有助于深入了解在城市亮化工程中该虫种群发展趋势,为综合防治该害虫提供重要依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和实验条件

采集葱莲上的毛健夜蛾幼虫,室内幼虫用葱莲饲养,成虫用10%蜂蜜饲喂,取第2代幼虫和成虫供试验用。实验在暗室内进行,室内温度 $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, RH $75\% \pm 2\%$, 4种LED光源分别为红色、

绿色、蓝色和白色(各色光的波段分别为620~625、520~523、465~467和460~465 nm),光照强度为100 lx。

1.2 幼虫行为观察

随机选择1头5龄幼虫置于有葱莲的玻璃培养皿中,观察并记录其各种行为(预实验观察到毛健夜蛾幼虫的行为包括假死、爬行、静止、取食、排便、瞭望及其他行为)发生次数和每种行为持续时间。分别在上述4种LED光源下连续观察3 h,所观察的幼虫与光源距离1 m,每种光源重复3次。

1.3 幼虫跌落假死行为试验

用镊子将活动的5龄幼虫于葱莲上方10 cm处放下,任其自由落入玻璃培养皿,若跌落于培养皿内的幼虫身体蜷缩,静止于跌落处不动,则判断为假死,对假死状态幼虫立即用秒表记录时间,经过一段时间后,体伸长并且活动明显,则判断为假死结束。试验在上述4种LED光源下进行,每处理观察样本数为20头。

1.4 交配和产卵节律观察

于18:00将当天羽化的雌雄成虫配对(1:1)置于透明塑料瓶(直径9 cm×高10 cm)中观察其交配、产卵行为,连续观察4 d,成虫用浸有10%蜂蜜水棉球饲喂。实验分为5组,对照组的第1~2天光周期为12L:12D,其他组第1~2天的暗期分别使用上述4种LED光源,各组第3~4天光周期均为12L:12D。每隔1 h观察并记录各处理下交配和产卵时间、产卵量,其中暗期内行为观察在微弱红光(波段为620~625 nm,光照强度为20 lx)下进行。对照组、红光、绿光、蓝光和白光组实验样本量分别为17, 16, 20, 16和18对成虫。

1.5 数据统计与分析

实验数据采用SPSS13.0数据处理系统进行分析。幼虫各种行为的时间分配和发生率、幼虫假死行为发生率、成虫交配率以及成虫产卵百分比采用卡方检验法(Chi-square),幼虫假死持续时间和单雌产卵量采用单因素方差分析(one-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 不同波段LED光源下毛健夜蛾幼虫各种行为的时间分配

毛健夜蛾幼虫的行为包括假死、爬行、静止、取食、排便、瞭望(头胸抬起向前和左右探视)及其他行为(如用前额拱葱莲等行为)(图1),在不同光

处理下,爬行、静止和取食行为时间分配差异极显著(爬行: $\chi^2 = 204.360$, $df = 3$, $P = 0.000$; 静止: $\chi^2 = 139.877$, $df = 3$, $P = 0.000$; 取食: $\chi^2 = 223.811$, $df = 3$, $P = 0.000$),红光组爬行的时间占 98.06%,绿光组取食时间占 83.65%,蓝光组爬行和静止时间占

91.56%,白光组爬行时间占 61.16%。假死、排便、瞭望及其他行为时间分配差异不显著(假死: $\chi^2 = 7.745$, $df = 3$, $P = 0.059$; 排便: $\chi^2 = 2.228$, $df = 3$, $P = 0.526$; 瞭望: $\chi^2 = 3.694$, $df = 3$, $P = 0.296$; 其他行为: $\chi^2 = 6.030$, $df = 3$, $P = 0.110$)。

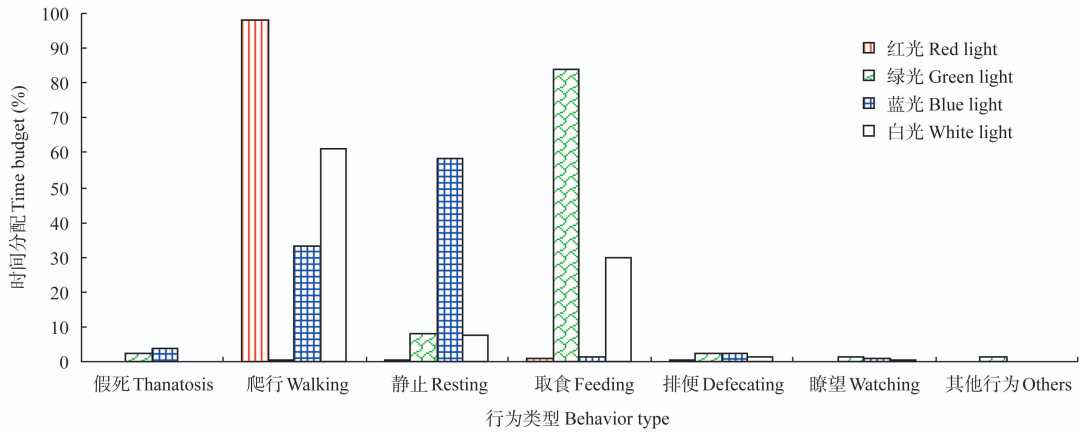


图1 不同波段 LED 光源下毛健夜蛾幼虫不同行为时间分配
Fig. 1 Time budget of various behaviors of *Brithys crini* larvae under different LED light sources

2.2 不同波段 LED 光源下毛健夜蛾幼虫各种行为的发生率

不同光处理下,幼虫各种行为发生率不同(图2)。其中不同光处理下幼虫的假死和排便行为发生率差异不显著(假死: $\chi^2 = 5.333$, $df = 3$, $P = 0.149$; 排便: $\chi^2 = 2.998$, $df = 3$, $P = 0.392$),爬行、静止、取食、瞭望及其他行为发生率差异显著(爬行: $\chi^2 =$

39.668, $df = 3$, $P = 0.000$; 静止: $\chi^2 = 10.625$, $df = 3$, $P = 0.014$; 取食: $\chi^2 = 33.394$, $df = 3$, $P = 0.000$; 瞭望: $\chi^2 = 15.004$, $df = 3$, $P = 0.002$; 其他行为: $\chi^2 = 27.621$, $df = 3$, $P = 0.000$)。红光组和白光组爬行行为发生率最高,分别为 47.37% 和 32.00%,绿光组取食行为发生率最高为 40.00%,蓝光组爬行行为发生率最高为 32.35%。

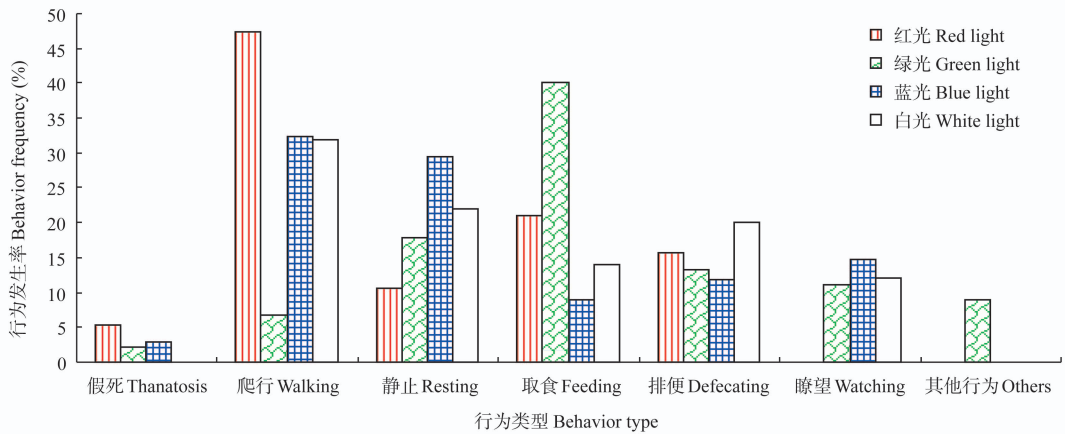


图2 不同波段 LED 光源下毛健夜蛾幼虫不同行为发生率
Fig. 2 Percentage of various behaviors of *Brithys crini* larvae under different LED light sources

2.3 不同波段 LED 光源下跌落幼虫假死时间和发生率

不同光处理间,毛健夜蛾跌落幼虫假死发生率

差异不显著($\chi^2 = 7.143$, $df = 3$, $P = 0.067$)(表1)。但假死持续时间有显著性差异,红光组假死持续时间显著长于蓝光组和白光组($F_{0.05} = 2.957$, $df = 3$,

52, $P=0.041$)。

2.4 单雌产卵量

交配和未交配的雌虫数及单雌产卵量见表 2。已交配的雌虫单雌产卵量无显著差异 ($F_{0.05} = 0.287$, $df=4, 34$, $P=0.885$), 但以白光组为最高

(418.7 粒)、对照组最低(370.2 粒)。未交配的雌虫单雌产卵量亦无显著差异 ($F_{0.05} = 1.191$, $df=4, 43$, $P=0.126$), 但以蓝光组为最高(118.2 粒), 绿光组最低(46.3 粒), 对照组为 55.1 粒。

表 1 不同波段 LED 光源处理的毛健夜蛾跌落幼虫假死持续时间和发生率

Table 1 The duration and frequency of thanatosis in fallen larvae of *Brithys crini* in different LED light sources

光源 Light sources	发生率 Frequency (%)	持续时间 Duration (s)
红光 Red light (620–625 nm)	70.0	156.86 ± 165.30 (14) a
绿光 Green light (520–523 nm)	75.0	93.67 ± 138.30 (15) ab
蓝光 Blue light (465–467 nm)	75.0	46.20 ± 58.43 (15) b
白光 White light (460–465 nm)	60.0	41.75 ± 46.07 (12) b

表中持续时间为平均值 ± 标准差, 括号中为观察样本数, 同一列数据后不同字母表示差异显著(单因素方差分析, $P<0.05$); 下同。The duration time in the table is represented as mean ± SD. The number of samples observed is in parentheses. Values in the same column followed by different letters are significantly different by One-way analysis of variance ($P<0.05$). The same below.

表 2 不同波段 LED 光源处理毛健夜蛾单雌产卵量

Table 2 Number of eggs laid per female of *Brithys crini* in different LED light sources

光源 Light sources	单雌产卵量 Number of eggs laid per female	
	交配 Mated	未交配 Unmated
红光 Red light (620–625 nm)	417.6 ± 43.7 a (8)	46.9 ± 31.1 a (8)
绿光 Green light (520–523 nm)	410.6 ± 85.0 a (8)	46.3 ± 43.8 a (12)
蓝光 Blue light (465–467 nm)	403.0 ± 186.8 a (6)	118.2 ± 103.5 a (10)
白光 White light (460–465 nm)	418.7 ± 130.2 a (7)	107.6 ± 119.3 a (11)

2.5 成虫交配节律

对照组、红光、绿光、蓝光和白光组实验中分别观察了 17, 16, 20, 16 和 18 对成虫的交配情况, 各组总交配率(分别为 53.8%, 50.0%, 40.0%, 37.5% 和 38.9%) 差异不显著($\chi^2 = 2.312$, $df=4$, $P=0.679$), 各组第 3–4 天交配率(分别为 17.6%, 31.3%, 40.0%, 37.5% 和 27.8%) 差异亦不显著($\chi^2 = 2.577$, $df=4$, $P=0.631$), 但第 1–2 天各组交配率差异显著($\chi^2 = 16.920$, $df=4$, $P=0.002$)。由图 3 可以看出, 第 1–2 天的暗期使用红光、绿光、蓝光和白光, 交配高峰均出现在第 3 天的暗期。若第 1–2 天的暗期使用白光、红光, 则交配率显著降低(分别为 11.11% 和 18.75%), 且在光期出现了交配现象; 若使用绿光和蓝光, 则未观察到交配。

2.6 雌虫产卵节律

对照组、红光、绿光、蓝光和白光组中已经交配的雌虫分别产卵 4 088, 3 716, 3 840, 3 600 和

4 115 粒, 其中对照组在第 1–2 天产卵量占本组的 81.65%, 显著高于其他各组($\chi^2 = 8 799.937$, $df=4$, $P=0.000$)。由图 4 可以看出, 对已交配和未交配的雌虫, 第 1–2 天的暗期使用红光、绿光、蓝光和白光, 产卵高峰均出现在第 3 天的暗期。若第 1–2 天的暗期使用白光、红光, 已交配的成虫产卵百分比显著降低(分别为 29.31% 和 23.04%), 且在光期也产少量卵; 若暗期使用绿光和蓝光, 则不产卵。

3 结论与讨论

昆虫幼虫行为多种多样, 且影响因素也多种多样, 如棉铃虫幼虫同类相残行为受自身体重和食物(寄主植物)的影响(李哲等, 2006), 甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 幼虫的取食、位移及在寄主植物上的分布行为受寄生蜂寄生的影响(郭林芳等, 2010), 而黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* 的幼虫

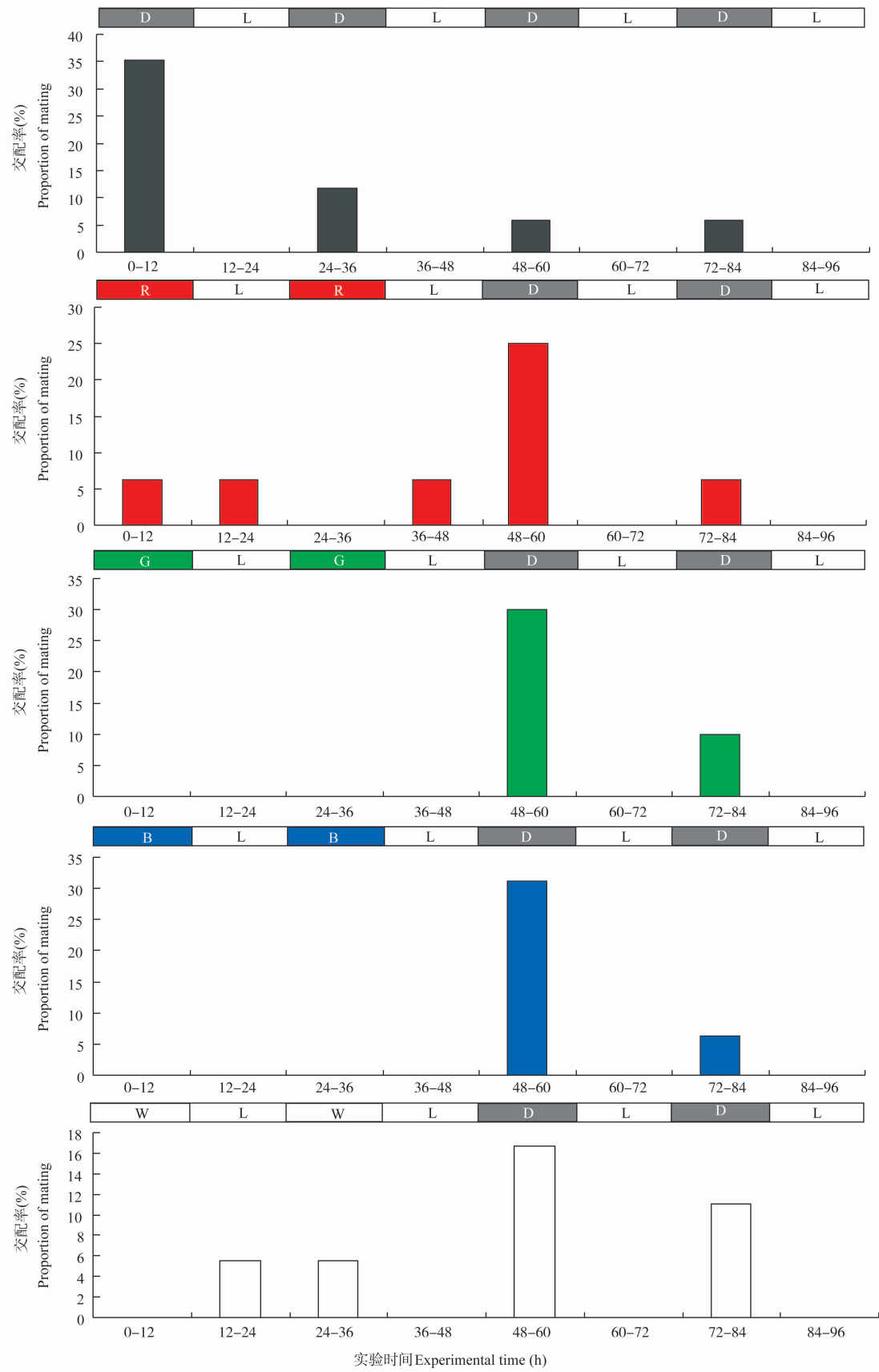


图 3 不同波段 LED 光源对毛健夜蛾交配的影响

Fig. 3 Effects of different LED light sources on mating of *Brithys crini*

D: 暗期 Dark phase; L: 光期 Light phase; R: 红光 Red light; G: 绿光 Green light; B: 蓝光 Blue light; W: 白光 White light. 下同 The same below.

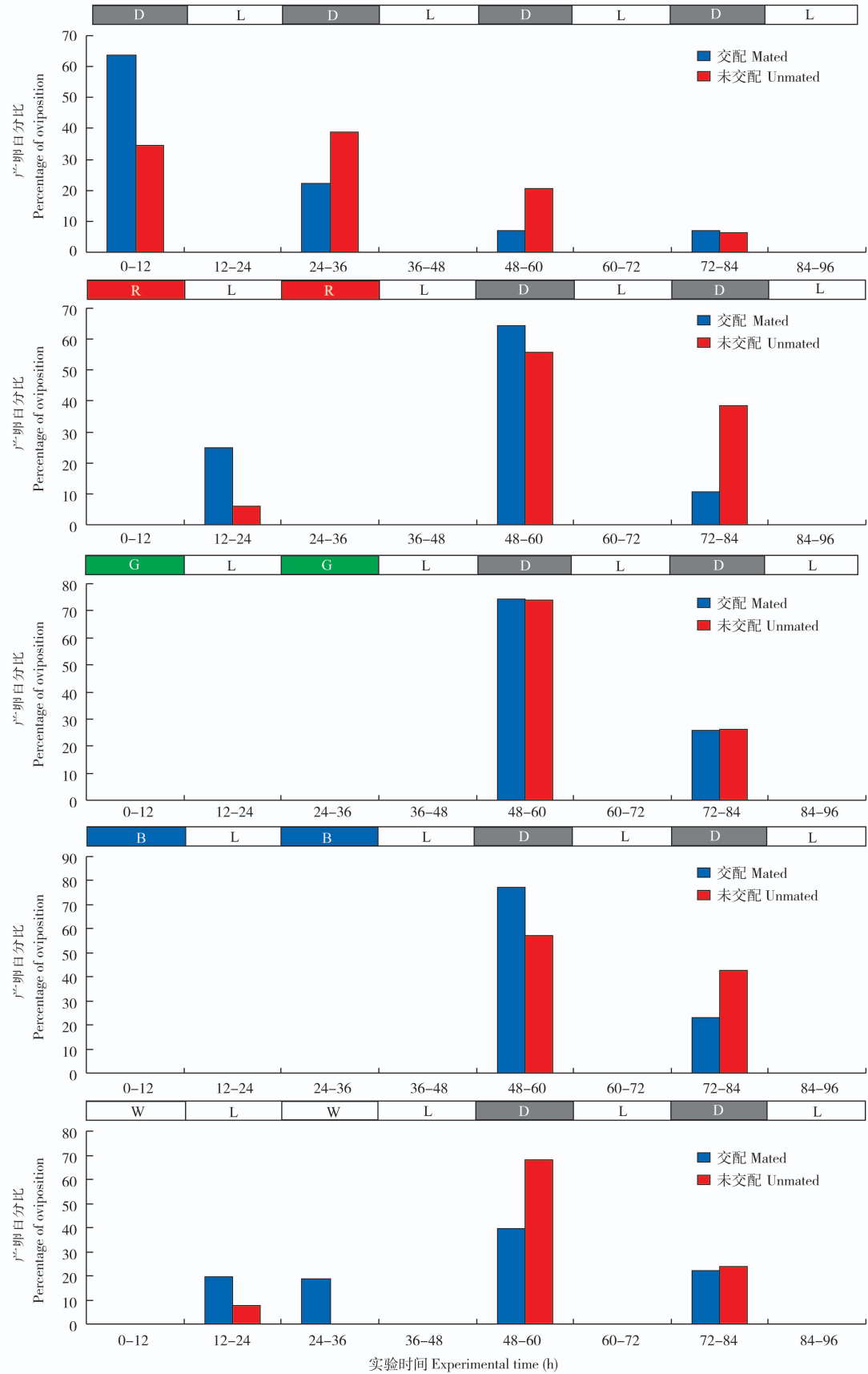


图 4 不同波段 LED 光源对毛健夜蛾产卵的影响

Fig. 4 Effects of different LED light sources on oviposition of *Brithys crini*

行为受基因突变的影响 (Varnam *et al.*, 1996)。本文首次报道了毛健夜蛾幼虫行为及光波段对其行为的影响,毛健夜蛾幼虫的行为主要包括假死、爬行、静止、取食、排便、瞭望及其他行为(图 1),在不同光处理下,不同行为所占时间比例不同,红光组和白光组幼虫爬行时间最长,绿光组取食时间最长,蓝光组则静止时间最长。不同光处理下,幼虫各种行为发生率也不同(图 2),其中红光组和白光组爬行行为发生率最高,而绿光组和蓝光组分别以取食和爬行行为发生率最高。

假死是动物的一种普遍防御行为,尤其是昆虫的假死行为最为普遍,假死能否发生及发生后维持时间长短受外部因素和内部因素的影响。外部影响因素包括昼夜节律、闪光刺激、温度、背景颜色等;内部因素包括饥饿程度、龄期、活动能力、身体状况、遗传背景、活动状态、性别等(孟凡明和梁醒财, 2009)。本研究结果表明,毛健夜蛾幼虫假死行为受实验环境中不同波段光的影响。光波段对毛健夜蛾跌落幼虫假死行为发生率影响差异不显著,但对假死持续时间有显著的影响,红光组幼虫假死持续时间显著长于蓝光组和白光组(表 1)。

实验结果还表明,不同光处理下,交配和未交配的单雌产卵量均与对照组无显著差异(表 2),原因可能是不同色光处理时间较短(仅为 2 d)所致。在 28℃、补充营养的条件下,毛健夜蛾成虫寿命在 10 d 左右,羽化后 5 d 左右仍可交配、产卵(未发表资料),而本实验用不同波段光处理仅为 2 d。

在不同光处理下,第 1–2 天暗期使用了红光、绿光、蓝光和白光(相当于连续 48 h 的光照),致使交配率和产卵率显著下降(图 3,图 4),这种连续光照使交配率下降的现象也见于枣粘虫 *Ancylis sativa* (韩桂彪等, 2000)。第 3 天暗期不再使用光照,交配率和产卵率则大幅度提高,即前期的暗期使用光照可使交配和产卵高峰后移。蛾类成虫的交配率在短时期内(4 d 左右)随日龄增大而提高,随后急剧下降,如枣粘虫(韩桂彪等, 2000)和棉大卷叶野螟 *Syllepte derogata* (张清泉等, 2009)。如果本实验中暗期使用的红光、绿光、蓝光和白光的持续时间增至 3 d、4 d 或更长时间,该虫的交配和产卵情况又将如何,这值得进一步研究。此外,不同颜色光对成虫交配的影响不相同,第 1 天的暗期使用红光处理和第 2 天的暗期使用白光处理仍出现了交配现象,且第 1 天的暗期分别用红光和白光处理 12 h 后,紧随其后的光期(上午 6:00–7:00)出现了交

配的现象,表明毛健夜蛾成虫交配并非严格地只出现在暗期,前期研究结果也表明,毛健夜蛾交配发生在光期(光关闭前 1 h 和光开启后 1–2 h)的占 1.95% (未发表资料)。而暗期用绿光和蓝光处理则不交配,因为绿光和蓝光属于被蛾类的感知波长,可干扰毛健夜蛾的交尾。

参考文献 (References)

- Dou LP, 2011. Discussion on LED lighting application in China. *China Illuminating Engineering Journal*, 22 (6): 51–58. [窦林平, 2011. 国内 LED 照明应用探讨. 照明工程学报, 22(6): 51–58]
- Duan Y, Wu RH, Wu YQ, Jiang YL, Zhao MQ, 2010. Effects of LED illumination on the biology of *Plutella xylostella*. *Henan Agricultural Sciences*, (1): 80–82, 89. [段云, 吴仁海, 武予清, 蒋月丽, 赵明茜, 2010. LED 光照对小菜蛾成虫生物学的影响. 河南农业科学, (1): 80–82, 89]
- Duan Y, Wu YQ, Jiang YL, Wu RH, Zhao MQ, 2009. Effects of LED (light emitting diode) illumination on light adaptation and mating of *Helicoverpa armigera*. *Acta Ecologica Sinica*, 29(9): 4727–4731. [段云, 武予清, 蒋月丽, 吴仁海, 赵明茜, 2009. LED 光照对棉铃虫成虫明适应状态和交尾的影响. 生态学报, 29(9): 4727–4731]
- Guo LF, Meng L, Li BP, 2010. Behaviors of *Spodoptera exigua* larvae as affected by parasitization of *Meteorus pulchricornis* (Braconidae, Hymenoptera). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 33(5): 71–74. [郭林芳, 孟玲, 李保平, 2010. 斑痣悬茧蜂寄生对甜菜夜蛾幼虫行为的影响. 南京农业大学学报, 33(5): 71–74]
- Han GB, Du JW, Li J, 2000. Mating behavioral ecology of *Ancylis sativa* adult. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 11(1): 99–102. [韩桂彪, 杜家伟, 李捷, 2000. 枣粘虫交配行为生态学研究. 应用生态学报, 11(1): 99–102]
- Ismail MSM, AboGhaila AH, Soliman MFM, Ghallab MMA, 2011. Certain effects of different spectral colors on some biological parameters of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 3(1): 27–39.
- Ji YL, Cai XG, Ji DH, 2011. Biological characteristics and control of *Brithys crini* in Shantou city. *Guangdong Landscape Architecture*, 33(2): 34–36. [纪燕玲, 蔡选光, 纪丹虹, 2011. 汕头毛健夜蛾生物学特性及防治措施. 广东园林, 33(2): 34–36]
- Jiang R, 2011. Application of LED control system in night scene lighting. *Construction Science and Technology*, (11): 74–76. [蒋荣, 2011. LED 控制系统在夜景照明中的应用. 建设科技, (11): 74–76]
- Li Z, Li DM, Gong Z, Xie BY, 2006. The effect of body weight and host plant on cannibalism in cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(5): 617–620. [李哲, 李典漠, 龚治, 谢宝瑜, 2006. 体重与寄主植物对棉铃虫同类相残行为的影响. 昆虫知识, 43(5): 617–620]
- Meng FM, Liang XC, 2009. Research history and current situations of feigning death in insects. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(6):

- 985–991. [孟凡明, 梁醒财, 2009. 昆虫假死行为研究历史及现状. *昆虫知识*, 46(6): 985–991]
- Varnam CJ, Strauss R, Belle JS, Sokolowski MB, 1996. Larval behavior of *Drosophila* central complex mutants; interactions between no bridge, foraging, and Chaser. *Journal of Neurogenetics*, 11: 99–115.
- Yang QC, Xu ZG, Chen HD, Pan JM, Wei LL, Liu WK, Zhou H, Liu XY, Song CB, 2011. Application principle and technology progress in using light-emitting diode (LED) light sources in modern agriculture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(5): 37–43. [杨其长, 徐志刚, 陈弘达, 泮进明, 魏灵玲, 刘文科, 周泓, 刘晓英, 宋昌斌, 2011. LED 光源在现代农业的应用原理与技术进展. *中国农业科技导报*, 13(5): 37–43]
- Yu W, Li ZH, Wang E, Zhang DF, 2009. Bionomics and control of *Brithys crini*. *Jiangxi Plant Protection*, 32(2): 84–86. [于炜, 李佐晖, 王恩, 章丹峰, 2009. 毛健夜蛾生物学特性及防治. *江西植保*, 32(2): 84–86]
- Zhang QQ, Zhang XL, Lu W, Liu J, Tang JP, 2009. Reproductive characteristics of *Syllepte derogate* Fabricius. *Guangxi Agricultural Sciences*, 40(3): 258–261. [张清泉, 张雪丽, 陆温, 刘剑, 唐金萍, 2009. 棉大卷叶野螟繁殖特性研究. *广西农业科学*, 40(3): 258–261]

(责任编辑: 武晓颖)